

# АНАЛИЗ ХОДОВЫХ КАЧЕСТВ ЯХТЫ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА FLOWVISION

Михайлова М.К.<sup>a</sup>, ведущий инженер, Щеляев А.Е.<sup>b</sup> менеджер по маркетингу и продажам  
ООО ТЕСИС, Москва, РФ

В статье рассматривается вопрос применения CFD продукта общего назначения FlowVision при расчете ходовых качеств яхт. Рассматриваются зафиксированная и подвижная яхта, проводится сравнение с классическими методами расчета.

## Введение

Проектирование нового судна – сложный творческий и технический процесс, требующий опыта и современных средств численного моделирования. В первую очередь это системы геометрического CAD построители, которые позволяют моделировать обводы нового корабля и создавать раскройку материалов, требующихся для изготовления. При проектировании яхт, способных осуществлять длительные океанские переходы необходимо выбирать и совершенствовать геометрические параметры корпуса, обеспечивающие необходимую топливную эффективность. Поэтому наравне с традиционными проектными методами оценки используются инструменты численного моделирования, позволяющие оценить ходкость и устойчивость судна и прочностные характеристики конструкции.

Для оценки буксировочного сопротивления в яхтостроении используются различные методы:

- упрощенные формулы и графики, связывающие скорость судна с мощностью и основными характеристиками судна в виде простых зависимостей;
- систематические серии, представляющие результаты испытаний серий моделей корпусов с систематическими изменяемыми параметрами;
- серии схематизированных моделей;
- статистические (регрессионные) методы, основанные на результатах анализа несвязанных между собой результатов испытаний моделей;
- методы численной гидромеханики (CFD методы);
- испытания моделей в опытных бассейнах.

В данной исследовательской работе в качестве инструмента для определения буксировочного сопротивления яхты используется программный комплекс FlowVision. Проводится сравнение результатов расчета с упрощенными проектными методами оценки буксировочного сопротивления и начала переходного режима корпуса яхты.

## Разделы

### Определение буксировочного сопротивления корпуса яхты

Моделью для определения буксировочного сопротивления выступает 100-футовая океанская моторная яхта с водоизмещением порядка 85 тонн, разработанная в конструкторском бюро “Albatross Marine Design” (Тайланд), представленная на Рисунке 1. Крейсерская скорость яхты составляет 11 узлов, максимальная скорость – 15 узлов.



Рисунок 1. Внешний вид яхты

Для верификации используются расчеты представленные КБ и расчеты в программном комплексе FlowVision. Результаты сравнения представлены на рисунке 2.

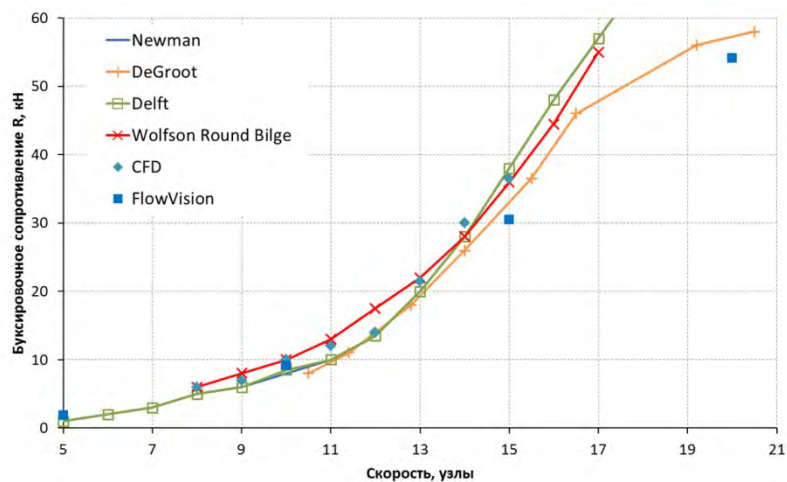


Рисунок 2. Результаты расчета буксировочного сопротивления яхты

Из рисунка 2 видно, что FlowVision попадает в результаты статистических расчетов и совпадает с расчетами КБ на всех эксплуатационных режимах. При скорости 20 узлов, больше максимальной (больше 15 узлов) результаты согласуются с методом DeGroot. При этом в CFD комплексе FlowVision, как в комплексе общего назначения, решаются только общие уравнения движения вязкой жидкости и не используются специализированные методы или эмпирические зависимости, применяемые традиционно при оценке величины сопротивления яхты.

Очевидно, что применение CFD комплексов общего назначения оправдано не в случае проектирования серийной яхты с классическими обводами, по которым накоплен большой статистический материал, а при оптимизации формы корпуса с точки зрения местной гидродинамики, при проектировании нестандартных корпусов и нестандартных расчетных случаев.

#### Определение начала режима глиссирования

Возможно применение CFD пакетов при проектировании легких яхт, с целью уточнения начала глиссирования. Судно, предназначенное для глиссирования, спроектированное без значительных технических ошибок и располагающее достаточной мощностью двигательной установки переходит из режима плавания в переходный режим при скорости (1). Переход из переходного режима в режим глиссирования осуществляется при скорости (2). [2]

$$v_1 = 3.14\sqrt[6]{D} \quad (1)$$

$$v_2 = 9.45\sqrt[6]{D} \quad (2)$$

Где  $v$ - скорость судна в м/с,  $D$  – водоизмещение судна, в тоннах.

В качестве примера рассматривается корпус яхты с водоизмещением 1965 кг. Скорость начала переходного периода, характеризующегося возрастанием гидродинамической силы поддержания и уменьшением средней осадки судна (всплытием), составляет 3,51 м/с или 6,82 узла. Скорость начала режима глиссирования, представляющего собой скольжение судна по поверхности воды на днище, составляет 10,57 м/с. График поведения силы сопротивления яхты представлен на рисунке 3.

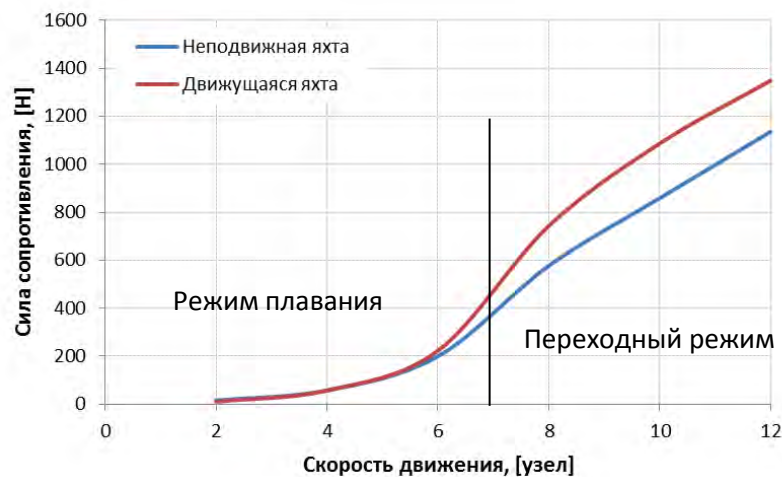


Рисунок 3. Зависимость силы сопротивления от скорости

Изменение координаты центра масс судна представлена на рисунке 4.

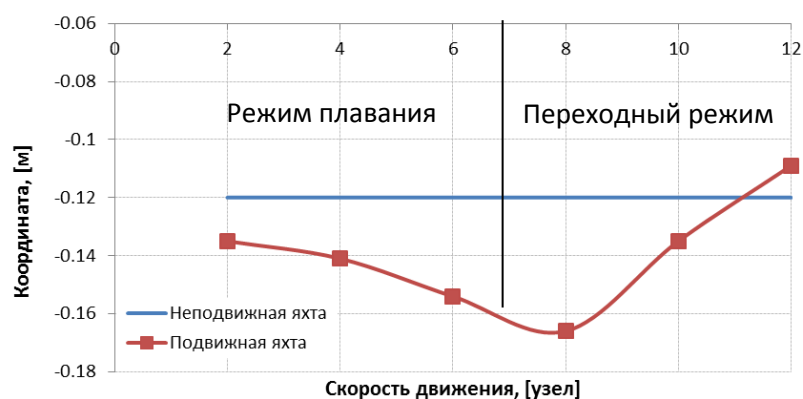


Рисунок 4. Изменение вертикальной координаты центра масс судна

Таким образом, для типового корпуса яхты FlowVision с хорошей точностью предсказывает начало переходного режима, что позволяет использовать его при проектировании новых корпусов, для которых невозможно применение существующих проектных методик.

### Вывод/Заключение

Применение программного комплекса FlowVision при проектировании корпуса яхт дает правдоподобные результаты, как при определении буксировочного сопротивления, так и при определении смены режимов плавания. Программный комплекс FlowVision может быть применен для доводки корпуса судна с целью уменьшения его буксировочного сопротивления, для проверки правильности пересчета характеристик с модели на полноразмерное судно. При этом обязательно проводить верификацию программного комплекса и сравнение с экспериментальными методами для корректной постановки задачи.

### Список литературы

- Жильцов Н.А., Назаров А.Г. Проектный анализ ходовых качеств 100-футовой океанской моторной водоизмещающей яхты // Материалы 5 международной научно-технической конференции «ІННОВАЦІЇ В СУДНОБУДУВАННІ ТА ОКЕАНОТЕХНІЦІ» – С. 70-73
- Кривонос Л. Расчеты и чертежи в любительском судостроении. Изд. ДОСААФ, Москва, 1964 г.
- Назаров А.Г. Расчеты сопротивления малых судов/ / Журнал Катера и Яхты №3 (237), май-июнь 2012 – С. 110-113